Thesis Title Preparation and Characterization of Hybrid Organic/Inorganic Solar Cells of Porous Titanium Dioxide Films

Author Miss Orawan Wiranwetchayan

Degree Doctor of Philosophy (Physics)

Thesis Advisory Committee Assoc. Prof. Dr. Pisith Singjai Advisor

Asst. Prof. Dr. Winita Punyodom Co-advisor

Dr. Natda Wetchakun Co-advisor

ABSTRACT

The titanium dioxide (TiO_2) films were deposited on fluorine doped tin oxide (FTO) substrates via the sol-gel method. The power conversion efficiency enhancement of solar cell is resulted from the efficient charge separation introduce by increasing the interface area between polymer blend and metal oxide films. In this work we report the role of thin metal oxide films and porous TiO_2 films in the inverted structure organic/inorganic hybrid solar cell. The role oxide thin films in inverted structure polymer solar cells was investigated by using TiO_2 and niobium oxide (Nb_2O_5) approximately 10 nm in thickness. The experimental results demonstrated that the thin metal oxide layer serve to separate the electron collecting electrode and a blend of poly(3-hexylthiophene) (P3HT) and phenyl-C61-butyric acid methyl ester (PCBM) film. It was necessary to promote the formation of continuous PCBM film to block holes in P3HT from being recombined with electrons in

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

collecting electrode. An employing of TiO_2 buffer layer leads to power conversion efficiency as high as 2.8%. As for Nb_2O_5, in spite the fact that its conduction band is higher than the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) level of PCBM polymer acting as electron transport material, a power conversion of 2.7%, which was only slightly different from the 2.8% achieved for the cell using TiO_2. These experimental results suggest a tunneling mechanism for the electrons to transport from the PCBM to electrode over the oxide film, instead of a diffusion through the oxide film arising from either energy or concentration difference of the photogenerated electrons.

In case of porous TiO_2 films, the result shows that the pore size in the TiO_2 films could be effectively controlled by varying the stirring time and titanium isopropoxide (TTIP) content in solution. The best of open circuit voltage(V_{OC}), short circuit current (J_{sc}), fill factor (FF) and power conversion efficiency (η) of the hybrid solar cells using mesoporous TiO_2 films were V_{oc}= 0.602 V, J_{sc}=9.03 mA/cm^2, FF=62.0%, and η=3.4%, respectively. Therefore, the enhancement of the power conversion efficiency could be resulted from the efficient charge separation due to increasing interface area at highly homogenous of porous TiO_2 films with suitable diameter lead to increase the electron transport to the electrode.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไฮบริดระหว่างสารอินทรีย์/อนินทรีย์ของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์แบบรูพรุน

ผู้เขียน นางสาวอรวรรณ วิรัลห์เวชยันต์

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. ดร. พิศิษฐ์ สิงห์ใจ	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ ดร. วินิตา บุณโยดม	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ดร. นัดดา เวชชากุล	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

ฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกเคลือบบนแผ่นฟลูออลีนโดปตินออกไซด์ (เอฟทีโอ)โดยวิธีโซลเจล เซลแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจาก ความสามารถในการแยกประจุเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สัมผัสระหว่างโพลิเมอร์เบลนด์กับฟิล์มโลหะออกไซด์ ในการศึกษานี้เราได้แสดงสมบัติของโลหะออกไซด์ชนิดฟิล์มบางกับไทเทเนียมไดออกไซด์แบบรูพรุน ต่อเซลล์แสงอาทิตย์ในโครงสร้างแบบผันกลับชนิดโฮบริดระหว่างสารอินทรีย์/อนินทรีย์ สมบัติของโลหะออกไซด์ชนิดฟิล์มบางในเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างแบบผันกลับถูกศึกษา โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์และนิโอเบียมออกไซด์ที่ความหนาไม่เกินสิบนาโนเมตร ผลการทดลองพบว่า ชั้นของโลหะออกไซด์จะทำหน้าที่ในการแยกชั้นของอิเล็กโทรด ที่สะสมอิเล็กตรอนออกจากฟิล์มที่มีส่วนผสมของโพลิเฮกซิลไทโอฟีน(พีทรีเอชที) และฟีนิลซี่หกสิบเอ็ดบิวทิริคแอซิดเมททิลแอสเตอร์ (พีซีบีเอ็ม) โดยการช่วยสร้างชั้นฟิล์มพีซีบีเอ็มที่ป้องกันไม่ให้โฮลในพีทรีเอสทีย้อนกลับไปสู่อิเล็กโทรดที่สะสมอิเล็กตรอน การใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นชั้นป้องกันส่งผลให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์สูงถึง 2.8% กรณีเดียวกันในนิโอเบียม พบว่า มีความสามารถการเปลี่ยนพลังงาน 2.7% ซึ่งแตกต่างจากการใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่า นิโอเบียมออกไซด์จะมีระดับพลังงานคอนดักชันแบรนด์สูงกว่าระดับพลังงานลูโมเลเวลของโพลิเมอร์พีซีบีเอ็มซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุส่งผ่านอิเล็กตรอน การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า เกิดขบวนการส่งผ่านอิเล็กตรอน (กระบวนการทันเนลลิง) จากพีซีบีเอ็มสู่อิเล็กโทรดที่อยู่ถัดไปแทนการแพร่ของอิเล็กตรอนผ่านระดับชั้นพลังงานฟิล์มออกไซด์ หรือความแต่งต่างของความหนาแน่นของอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจากพลังงานแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรณีของไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูพรุน ผลการทดลองพบว่า ขนาดของรูพรุนในฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเปลี่ยนเวลาของการคนสารและปริมาณของไทเทเนียมไอโสโพรพอกไซด์ (ทีทีไอพี) ในสารละลาย ค่าความต่างศักย์สูงสุดที่กระแสไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ เท่ากับ 0.602 โวลท์ กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ความต่างศักย์เท่ากับศูนย์ เท่ากับ 9.03 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ฟิลแฟคเตอร์ เท่ากับ 62.0% และประสิทธิภาพของการเปลี่ยนพลังงานเท่ากับ 3.4% พบในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไฮบริดที่ใช้ฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีรูพรุนขนาดเล็กระดับนาโนเมตร ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานมีผลจากความสามารถของการแยกประจุ เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูพรุนโดยใช้ฟิลม์ที่มีความสม่ำเสมอสูง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูพรุนที่เหมาะสม เพื่อให้การส่งผ่านอิเล็กตรอนไปสู่อิเล็กโทรดเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved